

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	
Title(English)	Study on Cutting-plane Algorithms for Mixed-integer Semidefinite Optimization
著者(和文)	小林健
Author(English)	Ken Kobayashi
出典(和文)	学位:博士(工学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第11762号, 授与年月日:2022年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:中田 和秀,水野 眞治,松井 知己,塩浦 昭義,梅室 博行
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第11762号, Conferred date:2022/3/26, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	審査の要旨
Type(English)	Exam Summary

(博士課程)

論文審査の要旨及び審査員

報告番号	甲第	号	学位申請者氏名	小林 健	
論文審査 審査員		氏名	職名	氏名	職名
	主査	中田 和秀	教授	梅室 博行	教授
	審査員	水野 眞治	教授		
		松井 知己	教授		
		塩浦 昭義	教授		

論文審査の要旨 (2000 字程度)

本論文は「Study on Cutting-plane Algorithms for Mixed-integer Semidefinite Optimization」(混合整数半正定値最適化問題に対する切除平面法の研究)と題するもので、混合整数半正定値最適化問題を解く切除平面法に関連する研究をまとめたものである。混合整数半正定値最適化問題とは、半正定値制約と整数制約のもとで線形目的関数を最小化する最適化問題である。この問題が有する非線形性と離散性から、工学の諸分野で現れる多くの最適化問題は混合整数半正定値最適化問題として定式化される。このような背景から、混合整数半正定値最適化問題に対する効率的解法を設計することは工学的に重要な価値を持つ。本論文は以下の6章で構成される。

第1章:「Introduction」(はじめに)では、混合整数半正定値最適化問題の重要性と、切除平面法に着目する本論文の動機と位置づけについて述べている。これまで混合整数線形最適化問題の解法には分枝限定法が一般的に用いられるが、混合整数半正定値最適化問題の場合、線形最適化問題で使えるウォームスタート戦略が活用できず、大規模な問題を現実的な時間で解くことは難しい。このような背景から、本論文では、混合整数半正定値最適化問題に対する新しいアプローチとして切除平面法に着目する。切除平面法は、複雑な制約条件や目的関数を扱う最適化手法であり、その拡張性と実装の容易さから、問題構造を利用して混合整数半正定値最適化問題を解く可能性を秘めている。

第2章:「Branch-and-cut Algorithm for Mixed-integer Semidefinite Optimization」(混合整数半正最適化問題に対する分枝切除法)では、混合整数半正定値最適化問題の標準形に対する切除平面法ベースの解法を述べている。本章でははじめに半正定値最適化問題に対する切除平面法を拡張した解法を提案し、その収束性を議論している。また計算をより効率化するため、提案した切除平面法と分枝限定法を組み合わせた分枝切除法による解法もあわせて提案している。

第3章:「Cutting-plane Algorithm for Best Subset Selection for Eliminating Multicollinearity」(多重共線性を除去するための最良部分集合選択問題に対する切除平面法)では、線形回帰モデルから多重共線性を除去するための最良部分集合選択問題に注目する。線形回帰モデルを用いた分析では、説明変数間に一次従属の関係があると推定量の信頼性が損なわれる多重共線性という問題がある。本章では、多重共線性を検出する指標として説明変数の相関係数行列の条件数に着目し、相関係数行列の条件数に制約を与えたもとで最小二乗推定を行う変数選択問題を混合整数半正定値最適化問題として定式化した。また、条件数の制約に関する性質を活用した切除平面法を提案して、その有効性を数値実験により検証している。

第4章:「Cutting-plane Algorithm for Cardinality-constrained Distributionally Robust Portfolio Optimization」(基数制約つき分布ロバストポートフォリオ最適化問題に対する切除平面法)では、基数制約つき分布ロバストポートフォリオ最適化問題に注目する。この問題は基数制約によって生じる離散性と不確実性集合を表現するための半正定値制約から混合整数半正定値最適化問題として定式化される。本章では、この問題を2段階最適化問題として再定式化し、上位問題を解く切除平面法を設計した。また下位問題に表れる問題の構造を活用して、この切除平面法の計算効率を改善した。

第5章:「Bilevel Cutting-plane Algorithm for Cardinality-constrained Mean-CVaR Portfolio Optimization」(基数制約つき平均-CVaRモデルに対する切除平面法)では、第4章で提案した切除平面法の枠組みを拡張し、条件付きバリュエーション・アット・リスクを最小化する基数制約つきポートフォリオ最適化問題に対する効率的解法を提案する。この問題は混合整数半正定値最適化問題の特殊ケースである混合整数線形最適化問題として定式化されるが、問題の規模が条件付きバリュエーション・アット・リスクの近似に用いるシナリオ数に依存するという問題がある。そこで、第4章で述べた切除平面法に、条件付きバリュエーション・アット・リスクを効率的に最小化する別の切断面法をサブルーチンに組み込んだ解法を提案した。

第6章:「Conclusion and Prospects」(結論と今後の展望)では、本論文で取り上げた研究成果をまとめ、混合整数半正定値最適化における切除平面法の可能性を議論するとともに、今後の展望について述べている。

以上これを要するに本論文は、混合整数半正定値問題を解くための汎用解法となる分枝切除法ならびに3つの

タイプの特種な問題を解くための切除平面法を利用した専用解法を提案した上でその有効性を検証しており、工学上の貢献が大きい。よって本論文は、博士（工学）の学位論文として十分価値があるものと認める。

注意：「論文審査の要旨及び審査員」は、東工大リサーチポジトリ(T2R2)にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。